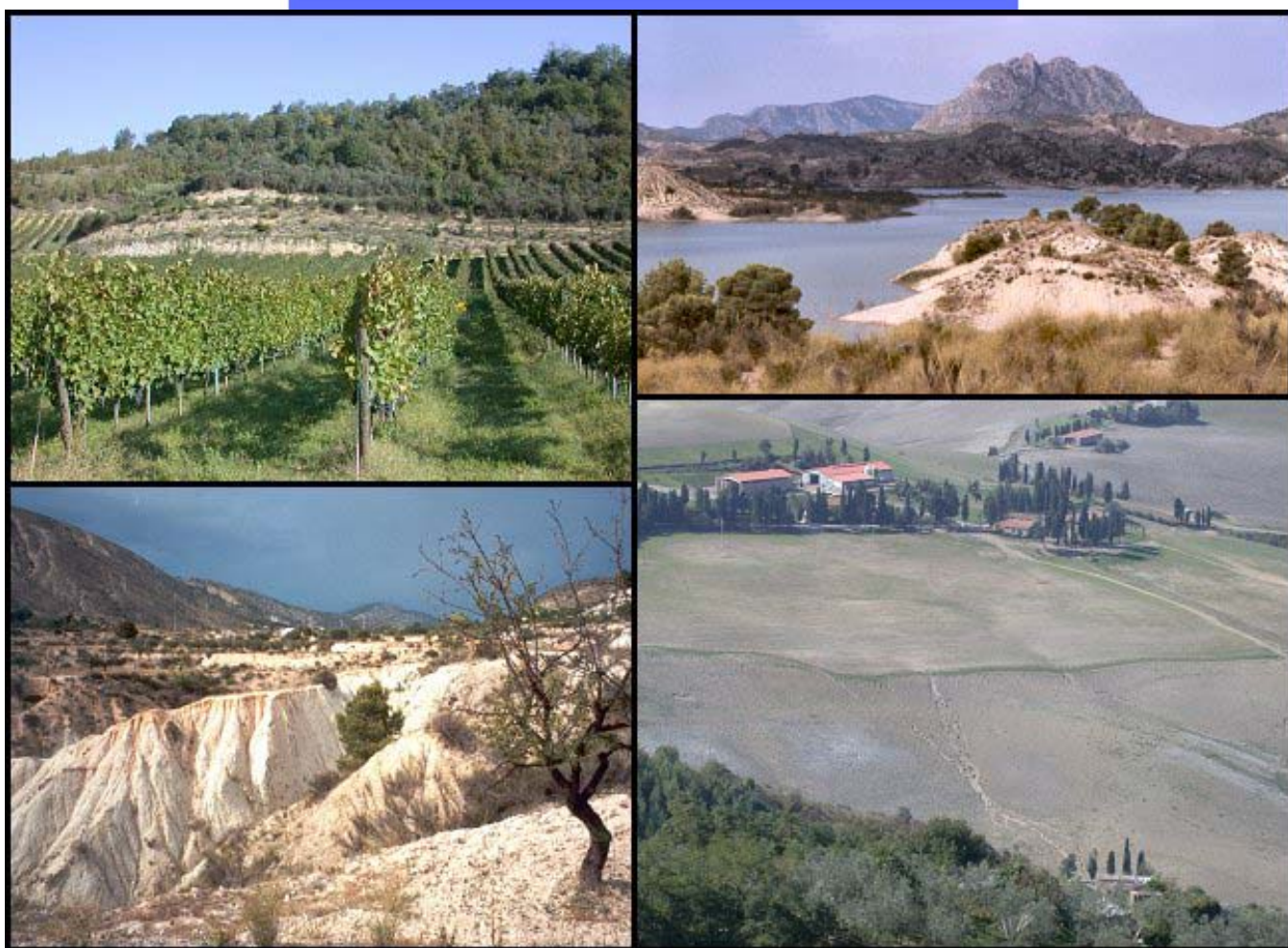


VALIDATION DES ESTIMATIONS DE L'ALEA EROSION DES SOLS A L'ECHELLE EUROPEENNE

Anton Van Rompaey, Valerie Vieillefont,
Robert Jones, Luca Montanarella, Gert Verstraeten,
Paolo Bazzoffi, Thomas Dostal, Jozef Krasa,
Joris Deventer, Jean Poesen



EUROPEAN COMMISSION
JOINT RESEARCH CENTRE

2003



EUR 20827 FR

Ce document doit être cité comme indiqué ci-après :

Anton Van Rompaey, Valerie Vieillefont, Robert Jones, Luca Montanarella, Gert Verstraeten, Paolo Bazzoffi, Thomas Dostal, Jozef Krasa, Joris Devent, Jean Poesen. Validation de l'aléa érosion des sols à l'échelle européenne. European Soil Bureau Research Report No.13, EUR 20827 FR, (2003), 27pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

PHOTOS EN COUVERTURE DE GAUCHE A DROITE ET DE HAUT EN BAS :

EROSION DANS UNE PARCELLE VITICOLE, TOSCANE ITALIE

RÉSERVOIR DE SEGURA, ESPAGNE (PHOTO JORIS DEVENTE)

EROSION SUR TERRES ARABLES, VOLTERRA, TOSCANE ITALIE

EROSION CONCENTREE EN RAVINE, PEDRA, ALICANTE, ESPAGNE

Validation des estimations de l'aléa érosion des sols à l'échelle européenne

**Anton Van Rompaey ^(1,2), Valerie Vieillefont ^(1,5),
Robert Jones ⁽¹⁾, Luca Montanarella ⁽¹⁾, Gert Verstraeten ⁽²⁾,
Paolo Bazzoffi ⁽³⁾, Thomas Dostal ⁽⁴⁾, Jozef Krasa ⁽⁴⁾,
Joris Deventer ⁽²⁾, Jean Poesen ⁽²⁾**

(1) European Soil Bureau
Institute for Environment & Sustainability
JRC Ispra

(2) Physical and Regional Geography
K.U.Leuven, Belgium

(3) Ministry of Agriculture and Forestry Policy,
Istituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa del Suolo
ISSDS, Firenze, Italy

(4) Department of Irrigation and Land Management, CVUT,
Technical University of Prague, Czech Republic

(5) Ecole Nationale des Ingénieurs des Travaux Agricoles
Bordeaux, France

MISSION OF THE JRC

The mission of the Institute of Environment and Sustainability is to provide scientific and technical support to EU strategies for the protection of the environment and sustainable development. Employing an integrated approach to the investigation of air, water and soil contaminants, its goals are sustainable management of water resources, protection and maintenance of drinking waters, good functioning of aquatic ecosystems and good ecological quality of surface waters.

LEGAL NOTICE

Neither the European Commission nor any person acting on behalf of the Commission is responsible for the use, which might be made of the following information.

A great deal of additional information on the European Union is available on the Internet. It can be accessed through the Europa server (<http://europa.eu.int>)

EUR 20827 FR

© European Communities, 2003

Reproduction is authorised provided the source is acknowledged

Printed in Italy

Table des matières

1 Résumé	1
2 Introduction	3
3 Estimations de l'érosion des sols d'après les modèles USLE, INRA et PESERA	5
3.1 Estimations de l'érosion des sols d'après le modèle USLE.....	5
3.2 Estimations de l'érosion des sols d'après le modèle INRA.....	6
3.3 Estimations de l'érosion des sols d'après le modèle PESERA.....	7
4 Méthode de validation.....	9
5 Résultats	11
5.1 L'ensemble des données belges.....	11
5.2 L'ensemble des données tchèques.....	14
5.3 L'ensemble des données italiennes	16
5.4 L'ensemble des données espagnoles	18
6 Discussion.....	20
7 Conclusions	25
8 Bibliographie	26

Liste des figures

<i>Figure 1: Application du modèle USLE pour l'Europe (d'après Van der Knijff et al., 2000)</i>	<i>5</i>
<i>Figure 2 : Estimation de l'aléa érosion des sols d'après le modèle USLE (d'après Van der Knijff et al., 2000)</i>	<i>6</i>
<i>Figure 3 : Concepts du modèle INRA</i>	<i>6</i>
<i>Figure 4 : Estimation de l'aléa érosion des sols d'après le modèle INRA (d'après Le Bissonnais et al., 2002)</i>	<i>7</i>
<i>Figure 5 : Concepts du modèle PESERA (Gobin et Govers, 2003)</i>	<i>8</i>
<i>Figure 6 : Estimation de l'aléa érosion des sols d'après le modèle PESERA</i>	<i>8</i>
<i>Figure 7 : Estimation de l'aléa érosion pour la Belgique et localisation des bassins</i>	<i>12</i>
<i>Figure 8 : Comparaison des pertes de sol estimées et observées en Belgique (en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$).....</i>	<i>13</i>
<i>Figure 9 : Estimation de l'aléa érosion pour la République tchèque et localisation des bassins.....</i>	<i>14</i>
<i>Figure 10 : : Comparaison des pertes de sol estimées et observées en République tchèque (en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$)</i>	<i>15</i>
<i>Figure 11 : Estimation de l'aléa érosion pour l'Italie et localisation des bassins.....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 12 : Comparaison des pertes de sol estimées et observées en Italie (en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$).....</i>	<i>17</i>
<i>Figure 13 : Estimation de l'aléa érosion pour l'Espagne et localisation des bassins</i>	<i>18</i>
<i>Figure 14 : Comparaison des pertes de sol estimées et observées en Espagne (en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$).....</i>	<i>19</i>
<i>Figure 15 : Précipitations moyennes annuelles disponibles en Ecosse</i>	<i>23</i>
<i>Figure 16 : Problèmes de classification de l'occupation du sol</i>	<i>24</i>
<i>Figure 17 : Pertes de sols estimées en fonction de celles observées (en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$) pour les bassins, en Italie, dont plus de 50 % des terrains sont des terres arables.....</i>	<i>24</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Récapitulatif des différents modèles d'estimation de l'érosion.....</i>	<i>3</i>
<i>Tableau 2 : Bassins avec mesures de dépôts de sédiments à l'exutoire</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 3 : Résumé des résultats issus de la validation</i>	<i>20</i>

1 Résumé

La croissance de la disponibilité de données à l'échelle régionale concernant le climat, la topographie et l'occupation du sol a récemment conduit à l'élaboration de modèles de calcul de l'aléa érosion des sols à l'échelle européenne. A l'heure actuelle, il existe trois modèles permettant de calculer ce phénomène : Universal Soil Loss Equation¹ – USLE, Institut National Recherche Agronomique – INRA, et Pan-European Soil Erosion Risk Assessment – PESERA².

Il est important d'évaluer l'exactitude de telles estimations, obtenues à partir de modèles qui pourraient être utilisés dans le contexte de la protection des sols. Cependant c'est relativement problématique à l'échelle européenne car il est très difficile, voire impossible d'acquérir des mesures directes d'érosion des sols pour de larges zones.

C'est pourquoi des mesures indirectes de l'érosion des sols dérivant de volumes de sédimentation dans des réservoirs en Belgique, République tchèque, Italie et Espagne furent utilisées pour évaluer l'exactitude des estimations d'érosion des sols d'après les modèles USLE, INRA et PESERA.

Tout d'abord, le bassin versant de chaque réservoir fut délimité en utilisant des algorithmes de détermination automatique de la ligne de partage des eaux. Puis le programme *WaTEM/SEDEM* fut appliqué afin de déterminer pour chaque bassin le coefficient SDR³. Les estimations de l'aléa érosion furent multipliées par ces coefficients. Enfin, les volumes de sédiments déposés estimés et observés furent comparés.

Les résultats montrent qu'aucun des trois modèles ne fournit des estimations précises de l'aléa érosion des sols pour l'ensemble des environnements de l'Europe à partir de données d'entrée de résolution : 1km x 1km. Les modèles sont relativement satisfaisants pour estimer les tendances relatives en perte de sols dans les régions agricoles du centre de la Belgique et de la République tchèque. Cependant, aucun des modèles ne prédit avec exactitude des tendances similaires à celles mesurées en Italie et en Espagne. Les raisons principales sont les suivantes :

- 1) L'incertitude liée à la méthode de validation, qui est indirecte. (i.e. données de sédimentation dans les réservoirs).
- 2) La faible résolution des données utilisées pour l'application des modèles à l'échelle européenne.
- 3) Les structures internes simplifiées des modèles qui ne prennent pas en compte tous les processus de production et de transport des sédiments.

Toutefois des recherches antérieures ont montré que certains modèles marchent beaucoup mieux quand des données de haute qualité sont utilisées (Van Rompaey *et al.*, 2003). Par exemple, le ruissellement est beaucoup mieux calculé à partir d'un modèle numérique de terrain de résolution 250 m que de résolution 1km. Dans beaucoup de cas ces données de haute résolution existent dans les instituts nationaux de cartographie, de météorologie ou de pédologie, mais elles ne sont pas, à l'heure actuelle, aisément disponible pour l'ensemble de l'Europe.

¹ Equation universelle de pertes en sol

² Evaluation de l'aléa érosion des sols pour l'ensemble de l'Europe

³ Sediment Delivery Ratio : rapport de dépôt des sédiments

Un rôle important du JRC dans le futur pourrait être d'harmoniser, rassembler et faciliter l'accès à ces données au niveau européen. Il est clair que des tentatives doivent être effectuées pour estimer les pertes de sols dues à l'érosion cela en vue de la prochaine Stratégie de Protection des Sols Européens et ceci pourrait être réalisé au mieux en utilisant un modèle et un ensemble de données standardisés. C'est pourquoi les Services de la Commission devraient faire plus d'efforts pour encourager les administrations nationales et régionales à fournir les données nécessaires pour l'estimation de l'aléa érosion des sols à une résolution beaucoup plus grande que celle disponible actuellement.

2 Introduction

Depuis le début des années 90, la communauté scientifique s'est principalement intéressée au développement de modèles dit physiques. Ceci a permis une meilleure compréhension du phénomène à l'échelle de la parcelle ou à l'échelle intraparcellaire. Cependant les décideurs politiques ont besoin d'outils pour estimer l'érosion des sols à l'échelle régionale afin de mettre en place une stratégie de conservation des sols adaptée. De plus, l'érosion a des répercussions sur les cycles des sédiments, nutriments et sur celui de l'eau, à l'échelle continentale. Les prédictions de ces répercussions nécessitent une modélisation du phénomène adaptée.

Au cours des années 80 et au début des années 90, l'évaluation de l'érosion s'appuyait sur les connaissances des scientifiques (e.g. De Ploey et al., 1989, Oldeman, 1990) ou s'articulait autour de méthodes qualitatives, avec attribution d'une note. Ces types de méthodes permettent de délimiter les zones à risque, mais offrent des possibilités très limitées quant à l'évaluation de scénarios faisant intervenir, par exemple, des changements d'occupation du sol (voir également Grimm et al., 2001). Récemment, La disponibilité de données telles que les données climatiques, topographiques, ou d'occupation du sol a largement augmenté, rendant ainsi possible l'application de modèles quantitatifs à l'échelle européenne.

Les estimations d'érosion des sols réalisées pour l'ensemble de l'Europe et disponibles actuellement sont répertoriées dans le tableau 1.

Tableau 1: Récapitulatif des différents modèles d'estimation de l'érosion

Modèle	Type	Référence
De Ploey	Expert	De Ploey <i>et al.</i> , 1989
CORINE	Qualitatif	CORINE, 1992
IMAGE	Qualitatif	RIVM, 1992
GLASOD	Expert	Van Lynden, 1994
Hot Spots	Expert	EEA, 2000
USLE	Quantitatif	Van der Knijff et al., 2000
INRA	Qualitatif	INRA, 2001
PESERA	Quantitatif	Gobin and Govers, 2003

Bien que toutes les cartes d'érosion aient été produites avec les données les plus précises possible disponibles à l'échelle européenne, beaucoup d'auteurs mettent en avant les incertitudes résultant de ce genre d'application. Il est vrai que de telles estimations doivent être utilisées avec précaution. En fait, il est pratiquement impossible d'arriver à la mise en place de politiques cohérentes à partir de carte d'érosion des sols, s'il n'existe pas également d'estimations fiables de la marge d'erreur pour les prédictions.

La validation des estimations d'érosion sur une grande surface est vraiment problématique. Il n'est pas techniquement et économiquement réalisable de mesurer l'érosion des sols pour de grandes entités spatiales. De plus les processus d'érosion sont caractérisés à la fois par une grande variabilité temporelle et spatiale. A l'heure actuelle il n'a pas été évalué la précision des estimations à grande échelle.

Dans cette étude, une méthode alternative de validation s'appuyant sur des mesures de sédiments déposés dans des lacs et des réservoirs est proposée. Des données de sédimentations dans des réservoirs localisés en Belgique, République tchèque, Italie et Espagne furent utilisées pour estimer la fiabilité des estimations des modèles USLE, INRA et PESERA.

3 Estimations de l'érosion des sols d'après les modèles USLE, INRA et PESERA

3.1 Estimations de l'érosion des sols d'après le modèle USLE

Van der Knijff et al. (2000) ont tenté d'estimer l'érosion en Europe à l'aide d'une méthodologie fondée sur l' Universel Soil Loss Equation (USLE). L'Usle est un modèle empirique qui a été, à l'origine, développé pour évaluer l'érosion des sols à l'échelle de la parcelle. Des taux moyens annuels d'érosion (en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$) sont calculés en multipliant 4 facteurs différents : un facteur d'érosivité des précipitations (R), un facteur d'érodibilité du sol (K), un facteur topographique (LS) et un facteur d'exploitation du couvert (C). Van der Knijff et al. ont évalué ces facteurs pour l'Europe avec une 1 résolution de kilomètre en utilisant les données de précipitations de MARS (King et al., 1995), les données d'occupation du sol de CORINE (Eurostat GISCO) et la base de données européenne des sols à l'échelle 1:1,000,000 (version 1,0) (King et al., 1995; Heineke et al., 1998); Confère figure 1.

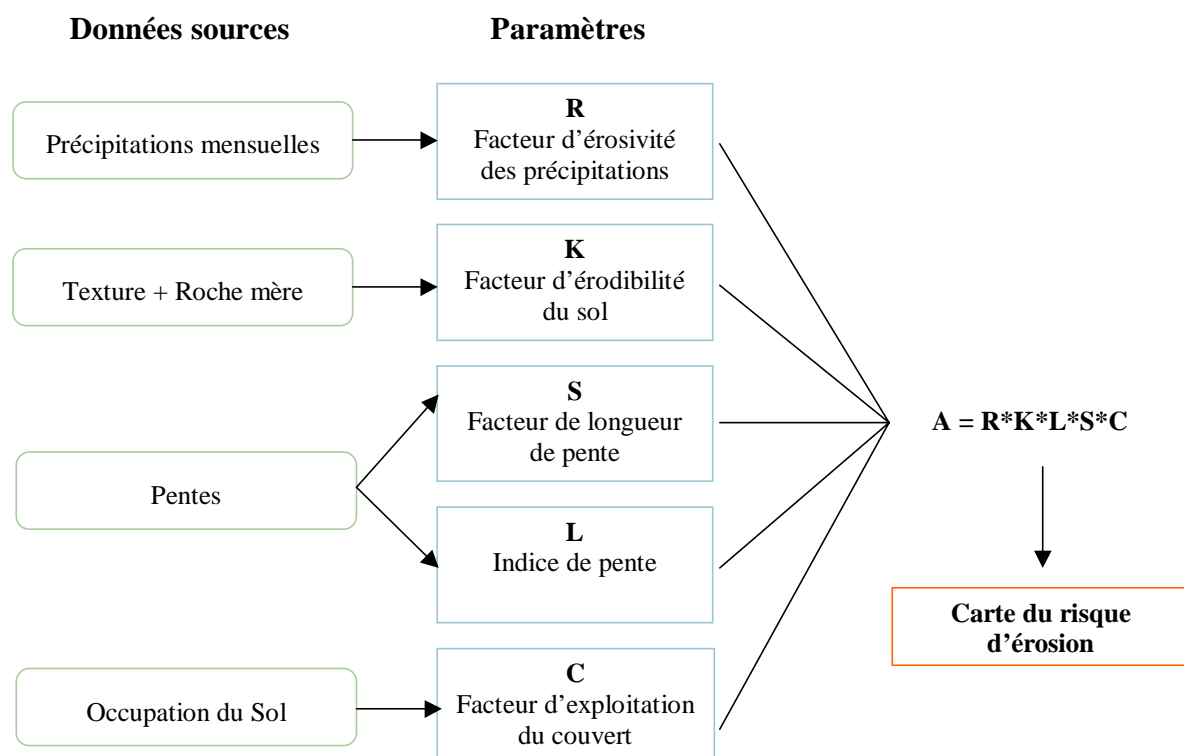


Figure 1: Application du modèle USLE pour l'Europe (d'après Van der Knijff et al., 2000)

Pour chaque Pixel de 1km x 1km, un taux annuel moyen d'érosion en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$ a été calculé (figure 2). Pour plus de détails sur les procédures exactes utilisées, nous renvoyons à la publication originale.

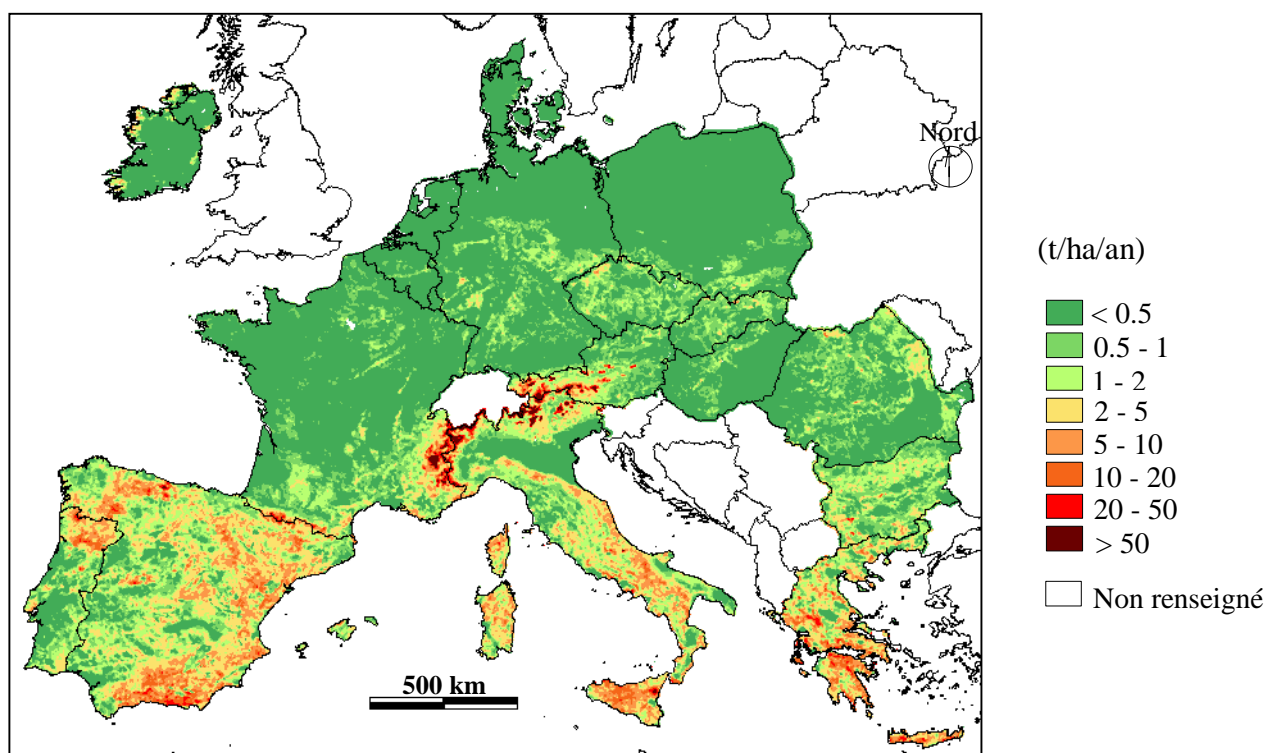


Figure 2 : Estimation de l'aléa érosion des sols d'après le modèle USLE (d'après Van der Knijff *et al.*, 2000)

Van der Knijff *et al.* (1999, 2002) et Grimm *et al.* (2003) appliquèrent une structure de modèle semblable pour l'estimation de l'aléa érosion en Italie mais ils utilisèrent des données d'entrée plus précises : MNT 250m et les données de précipitations de 366 stations météorologiques en comparaison avec les 46 stations utilisées pour l'évaluation européenne (King *et al.*, 1995).

3.2 Estimations de l'érosion des sols d'après le modèle INRA

Suite à l'application du modèle USLE, l'Institut National de la Recherche Agronomique (INRA) a développé une approche fondée sur un arbre de décision pour définir des classes qualitatives d'aléa érosion du sol (figure 3). L'aléa érosion est estimé à partir d'informations concernant l'occupation du sol (CORINE 9 classes), la formation d'une croûte de battance (4 classes), la pente (8 classes) et l'érodibilité du sol (3 classes). Pour des détails sur les procédures exactes nous renvoyons à Le Bissonnais *et al.* (2002).

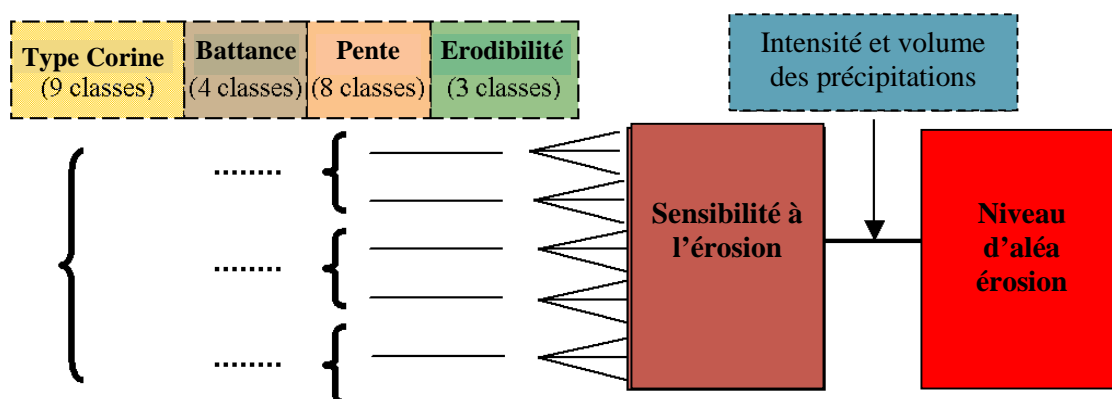


Figure 3 : Concepts du modèle INRA

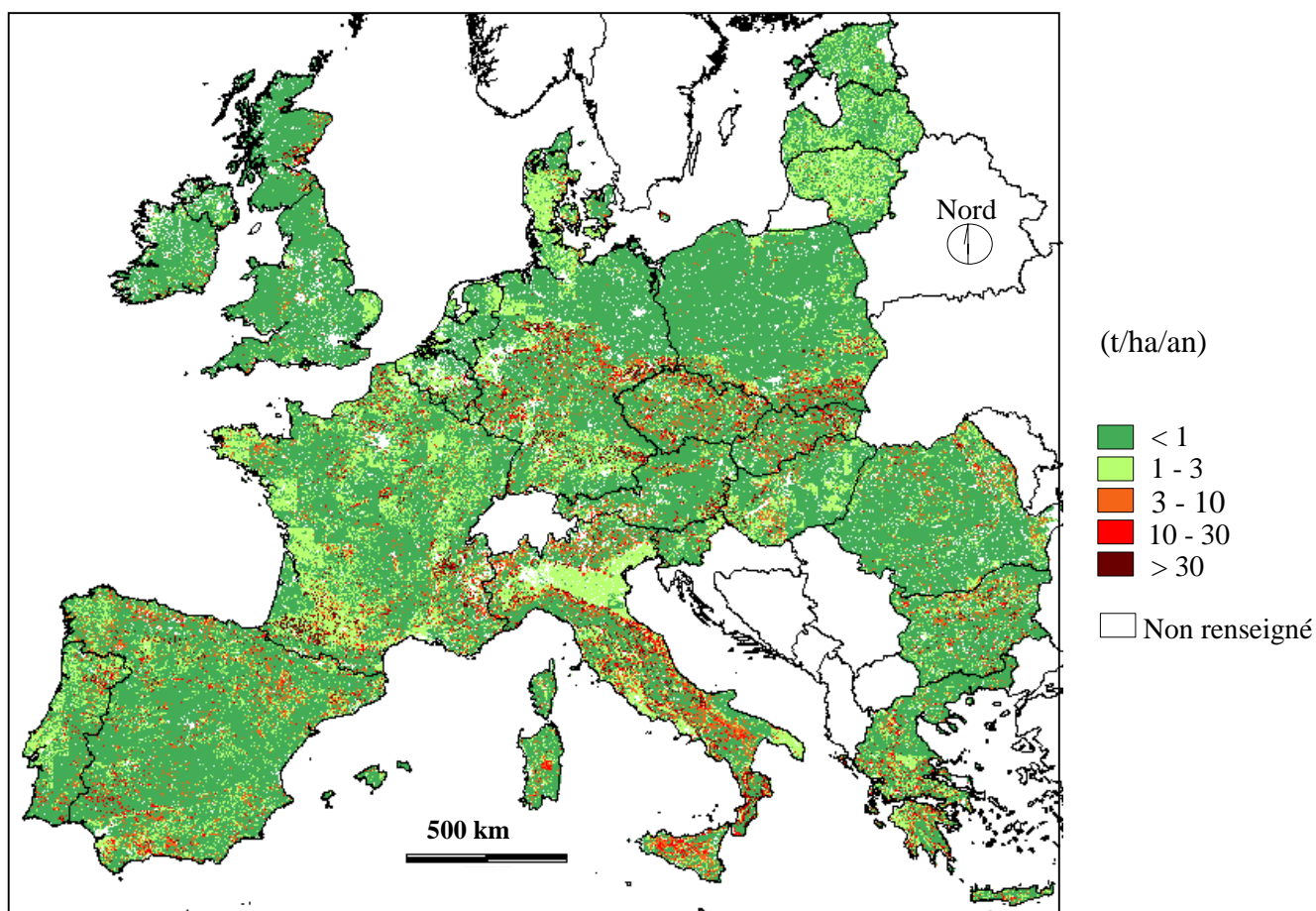


Figure 4 : Estimation de l'aléa érosion des sols d'après le modèle INRA (d'après Le Bissonnais *et al.*, 2002)

Dans l'étude, présentée ici, les classes de niveau d'aléa de la carte INRA originale furent traduites en taux quantitatifs comme suit (Daroussin, Pers. COMM.) : niveau d'aléa très faible = $0,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$, niveau d'aléa faible = $1,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$, niveau d'aléa moyen = $6,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$, niveau d'aléa fort = $20 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$, niveau d'aléa très fort = $40 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$. Ceci n'est qu'une traduction approximative nécessaire pour la comparaison, elle n'a pas été calibrée (Figure 4).

3.3 Estimations de l'érosion des sols d'après le modèle PESERA

Pan European Soil Erosion Risk Assessment PESERA (Estimation de l'aléa érosion des sols pour l'ensemble de l'Europe) est un modèle d'érosion développé spécifiquement pour application à l'échelle européenne dans le cadre d'un contrat de recherche européen (QLKS-CT-1999-01323). Puisqu'il est fondé sur le ruissellement, les concepts du modèle diffèrent fondamentalement de ceux des modèles empiriques tels que le modèle USLE et ses dérivations (figure 5). PESERA prévoit le ruissellement avec un pas journalier. Le ruissellement dépend des volumes quotidiens de précipitations, de la capacité de stockage du sol et de l'interception de la végétation. Des données quotidiennes de précipitations et de température sont employées comme données d'entrée pour le modèle de croissance de la végétation intervenant comme modulateur de la capacité de stockage du sol. Le ruissellement est lié aux pertes de sol par les équations développées par Kirkby *et al.* (2000). Pour plus d'information sur les procédures exactes se rapporter à Gobin et Govers (2003).

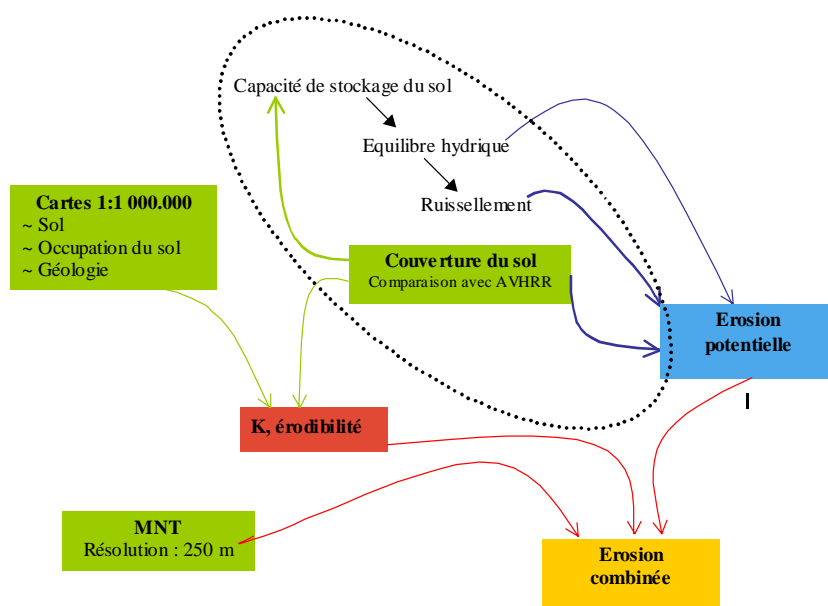


Figure 5 : Concepts du modèle PESERA (Gobin et Govers, 2003)

Le modèle PESERA est construit de telle façon, qu'il peut également fonctionner comme outil d'évaluation de scénarios de changements de climat ou d'occupation du sol tous s'appuyant sur des données journalières et sur le long terme. Les taux d'érosion (en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$) ont été évalués en utilisant les enregistrements quotidiens des précipitations et des températures de la base de données MARS (King *et al.*, 1995); Voir figure 6. Les enregistrements quotidiens ont été compilés sur une grille de 50km x 50km en utilisant un procédé d'interpolation (Van der Goot, 1998) appliqué aux données pour la période 1975-1995. Pour faire tourner le modèle PESERA, les moyennes quotidiennes de la grille 50km x 50km ont été interpolées en une grille de 1km x 1km, en utilisant une fonction spline inverse et le logiciel ARC/INFO GIS.

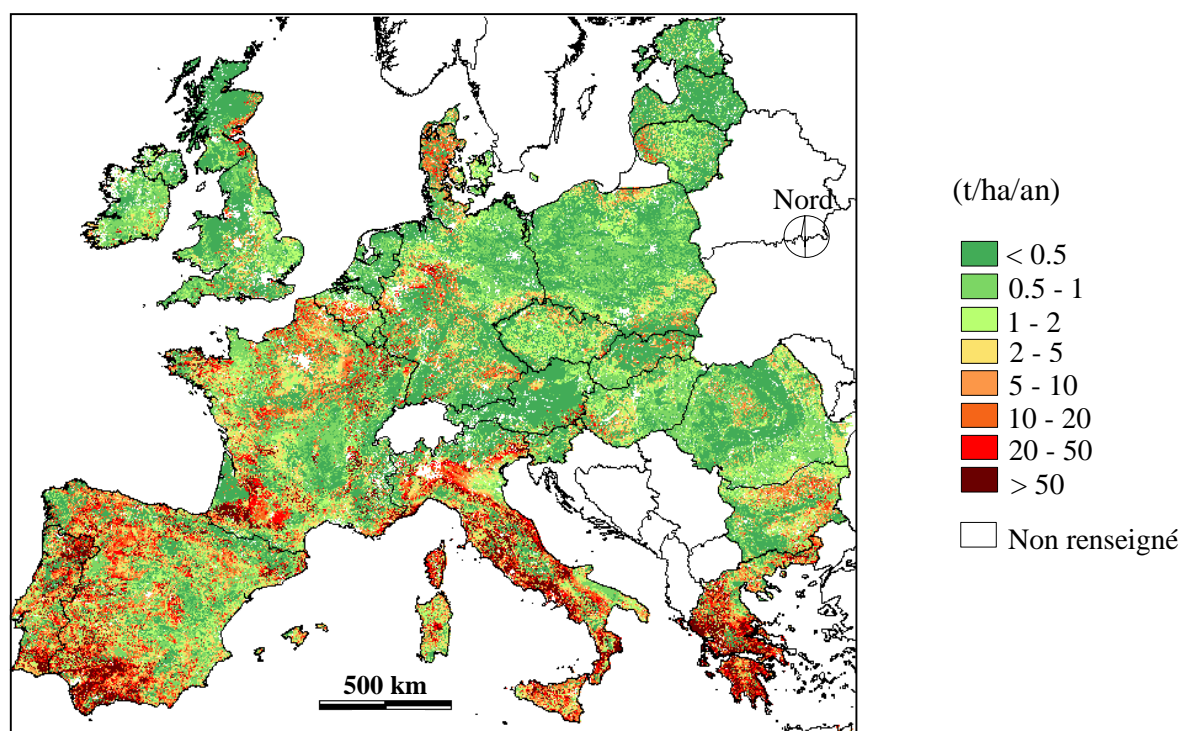


Figure 6 : Estimation de l'aléa érosion des sols d'après le modèle PESERA

4 Méthode de validation

Etant donné la variabilité spatiale et temporelle des phénomènes d'érosion, la mesure directe de l'aléa dans les parcelles n'est pas réalisable pour de grandes entités spatiales. Il existe deux méthodes de validation alternatives mais indirectes :

- 1) Surveillance de la charge de sédiments dans les fleuves;
- 2) Mesure du dépôt de sédiments dans les lacs et les réservoirs.

La deuxième option est, en général, davantage adaptée à la validation des prévisions de pertes de sol sur le long terme, bien que les données soient seulement disponibles pour des secteurs où les réservoirs existent. Les sédiments qui se sont déposés dans un réservoir reflètent, après correction avec un coefficient d'efficacité de filtrage, la perte nette de sol dans le bassin de contribution depuis la construction ou le dernier nettoyage du réservoir. Il faut cependant garder à l'esprit que la perte nette moyenne de sol (i.e. le volume de sédiments déposés à l'exutoire) diffère du volume total d'érosion du bassin versant (i.e. tous les sédiments produits dans le bassin). Selon la configuration spatiale de la topographie et de l'occupation du sol, une part significative des sédiments se dépose avant d'atteindre une rivière ou l'exutoire du bassin. Le ratio de dépôt de sédiment (SDR) est le rapport de la quantité de sédiments déposés à l'exutoire et de la quantité de sédiments produits sur l'ensemble du bassin.

$$\text{SDR} = \frac{\text{Quantité de sédiments déposés à l'exutoire}}{\text{Quantité totale de sédiments érodés}}$$

Les valeurs des coefficients SDR peuvent être évaluées à partir d'équations de régression empiriques (en utilisant des paramètres globaux des bassins versants) ou à partir de modèles explicites de cheminement des sédiments dans l'espace qui relient les sources de sédiments avec les lits des rivières (e.g., CAESAR, Coulthard *et al.*, 2000; WaTEM/SEDEM, Van Rompaey *et al.*, 2001).

Des données de dépôt de sédiments en Belgique, Italie, Espagne et République tchèque ont été rendues disponibles grâce à différents groupes de recherche.

Tableau 2 : Bassins avec mesures de dépôts de sédiments à l'exutoire

Pays	Nombre de bassins	Groupe de recherche
Belgique	23	Laboratory for Experimental Geomorphology, K.U.Leuven (G. Verstraeten & J. Poesen)
Italie	44	Instituto Sperimentale per lo Studio e la Difesa dello Suolo, Firenze (P. Bazzoffi)
République Tchèque	5	Czech Republic: Department for Land and Water Management, CVUT, Prague (T. Dostal & J. Krasa)
Espagne	26	International Committee on Large Dams (Avendano Salas) and Laboratory for Experimental Geomorphology, K.U.Leuven (J. Deventer, G. Verstraeten & J. Poesen)

Pour chacun de ces bassins, les coefficients SDR ont été évalués avec WaTEM/SEDEM appliqué à une haute résolution. Pour plus de détails sur le calcul de ces ratios se référer à Van Rompaey et al. (2001) pour la Belgique, Van Rompaey et al. (2000a) pour l'Italie et Van Rompaey et al. (2003b) pour la République tchèque. Pour l'ensemble des données espagnoles il n'était pas possible calculer ces coefficients parce que les données de haute résolution, nécessaires à l'application de WaTEM/SEDEM, n'étaient pas disponibles.

Pour chacun de ces bassins les taux d'aléa prédits ont été multipliés par les valeurs des coefficients SDR calculées. En conclusion, les valeurs estimées de dépôts de sédiments ont été comparées aux valeurs mesurées de dépôts de sédiments.

5 Résultats

Les mesures réalisées en Belgique furent traitées par *Verstraeten and Poesen (2001)*. Pour la Belgique, 15 bassins ont été utilisés, ils se situent dans la ceinture de loess de la Belgique centrale (figure 7). La base de données originale se compose de 23 bassins mais ceux qui ont une superficie inférieure 1 km² (= 1 Pixel) ont été exclus de cette analyse.

Les données de la République tchèque ont été rendues disponibles par le département d'irrigation et de gestion des terres de l'Université Technique de Prague (CVUT). Elles sont constituées par 5 bassins dont la superficie moyenne est 180 km². La différence d'altitude entre les bassins est inférieure à 500 m. Les usages dominants des sols sont les pâtures et les terres arables. Les paysages ainsi que l'occupation du sol sont en train de changer très rapidement suite à la décollectivisation des productions agricoles. Les valeurs observées s'étalent sur une période de 10 à 30 ans avant la décollectivisation (Dostal et al., 2001, 2002).

Les données italiennes ont été fournies par Bazzoffi et al. (1996). Les volumes de sédiments furent mesurés dans 44 réservoirs soit à l'aide de mesureurs des profils du sous-sol soit à partir de données fournies par ENEL (Compagnie Italienne d'Electricité). Des données provenant de 34 bassins furent utilisées dans cette étude (confère figure 11). La superficie moyenne des bassins est 170 km².

Avendano Salas et al. (1997) ont fourni une liste des moyennes de dépôts de sédiments pour 60 bassins en Espagne, prenant en compte une période de temps de plusieurs dizaines d'années. *Verstraeten et al. (2003)* ont délimité les aires de contribution des bassins versants pour 22 de ces réservoirs qui sont utilisés dans cette analyse (confère figure 13). La superficie moyenne des bassins est de 680 km². Le dénivelé au sein des bassins varie entre 500 m et 1200 m. Les occupations des sols dominantes sont les terres arables et la forêt. Cependant, pour ces bassins, le calcul des coefficients SDR n'a pas été possible, car il nécessite des données d'entrée ayant une très grande résolution. Celles-ci n'étaient pas disponibles.

Les Graphiques présentant les valeurs calculées en fonction des valeurs mesurées, pour chaque pays, se trouvent figure 8, figure 10, figure 12 et figure 14.

5.1 L'ensemble des données belges

Les volumes de sédiments furent mesurés directement lors du nettoyage de réservoirs ou bien estimés à l'aide d'un théodolite.

La période d'accumulation des sédiments varie entre 5 et 10 ans. Les bassins sont situés sur des sols limoneux ou limo-sableux. Ils sont caractérisés par une topographie plane, les différences d'altitude ne dépassent pas 100 mètres. L'occupation du sol représentée majoritairement est « terres arables ». La superficie moyenne des bassins est 10 km². De plus amples informations sur ces données peuvent être trouvées dans *Verstraeten and Poesen (2001)*.

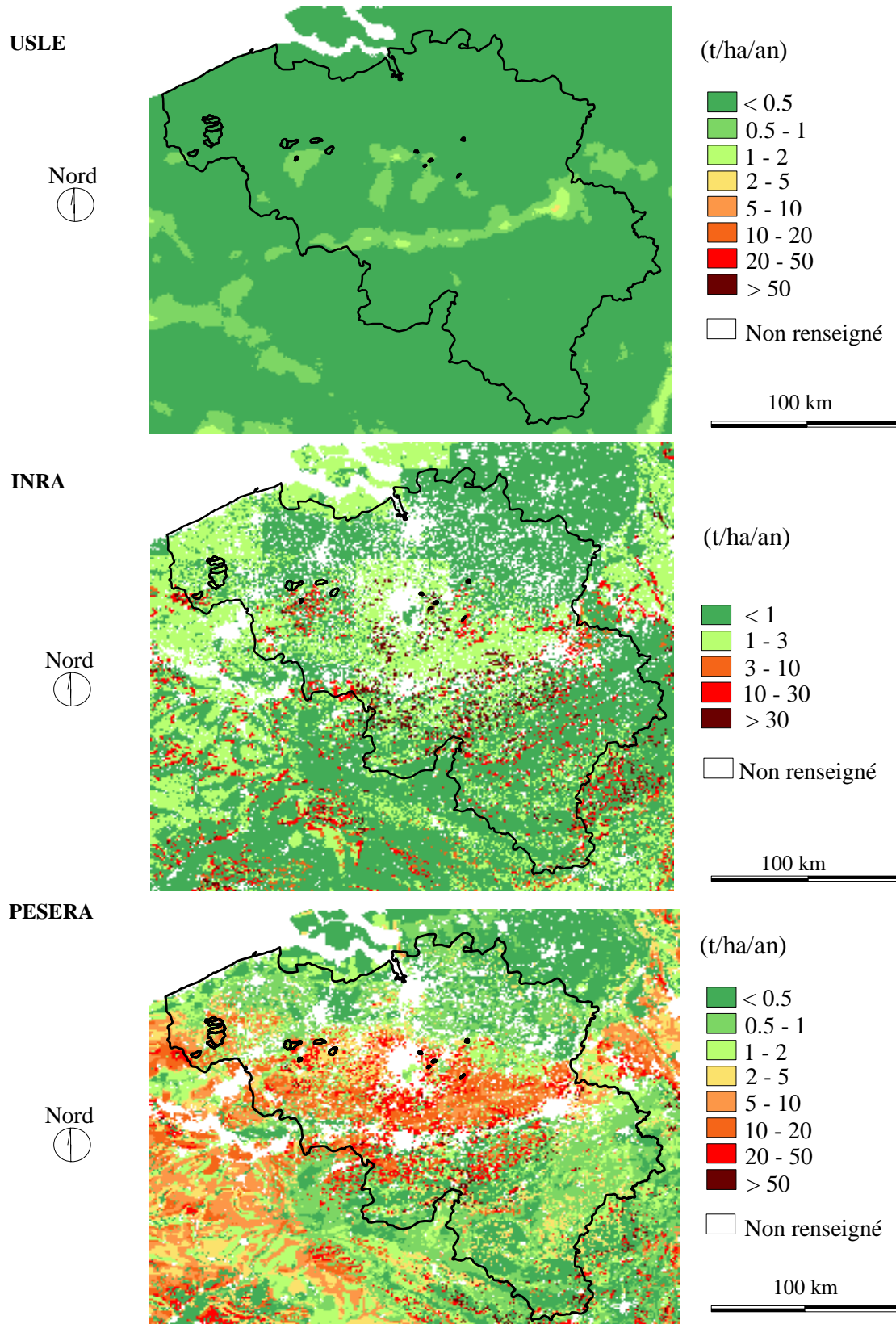
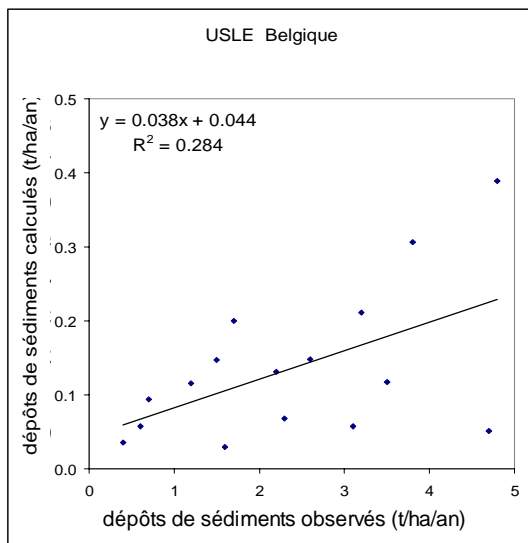
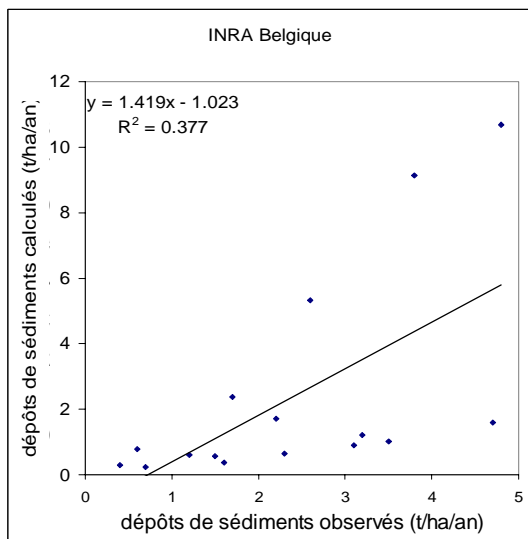


Figure 7 : Estimation de l'aléa érosion pour la Belgique et localisation des bassins

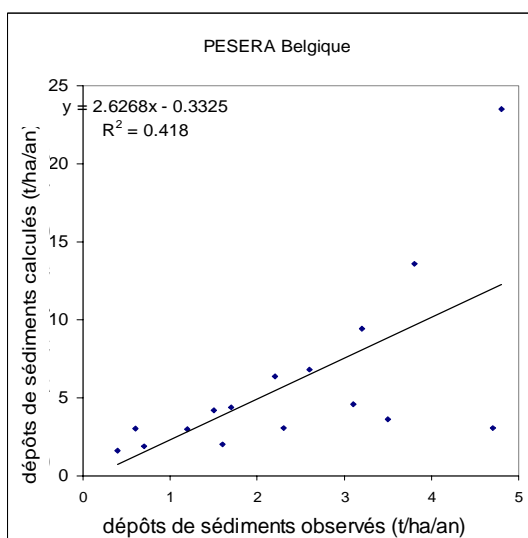


La moyenne des pertes de sol observées pour l'ensemble de la Belgique est de 2,4 t.ha⁻¹.an⁻¹.

Avec une moyenne de prédictions de 0,13 t.ha⁻¹.an⁻¹, le modèle USLE sous-estime largement l'érosion en Belgique.



La moyenne des prédictions pour le modèle INRA est 2,3 t.ha⁻¹.an⁻¹.



Avec une moyenne de 5,9 t.ha⁻¹.an⁻¹ le modèle PESERA semble surestimer l'érosion en Belgique.

Les estimations du modèle PESERA présentent la meilleure corrélation avec les valeurs observées, avec un coefficient de corrélation de Pearson de 0,64. La corrélation entre les estimations du modèle Inra et les valeurs observées est 0,61 et 0,53 pour le modèle USLE.

Figure 8 : Comparaison des pertes de sol estimées et observées en Belgique (en t.ha⁻¹.an⁻¹)

5.2 L'ensemble des données tchèques

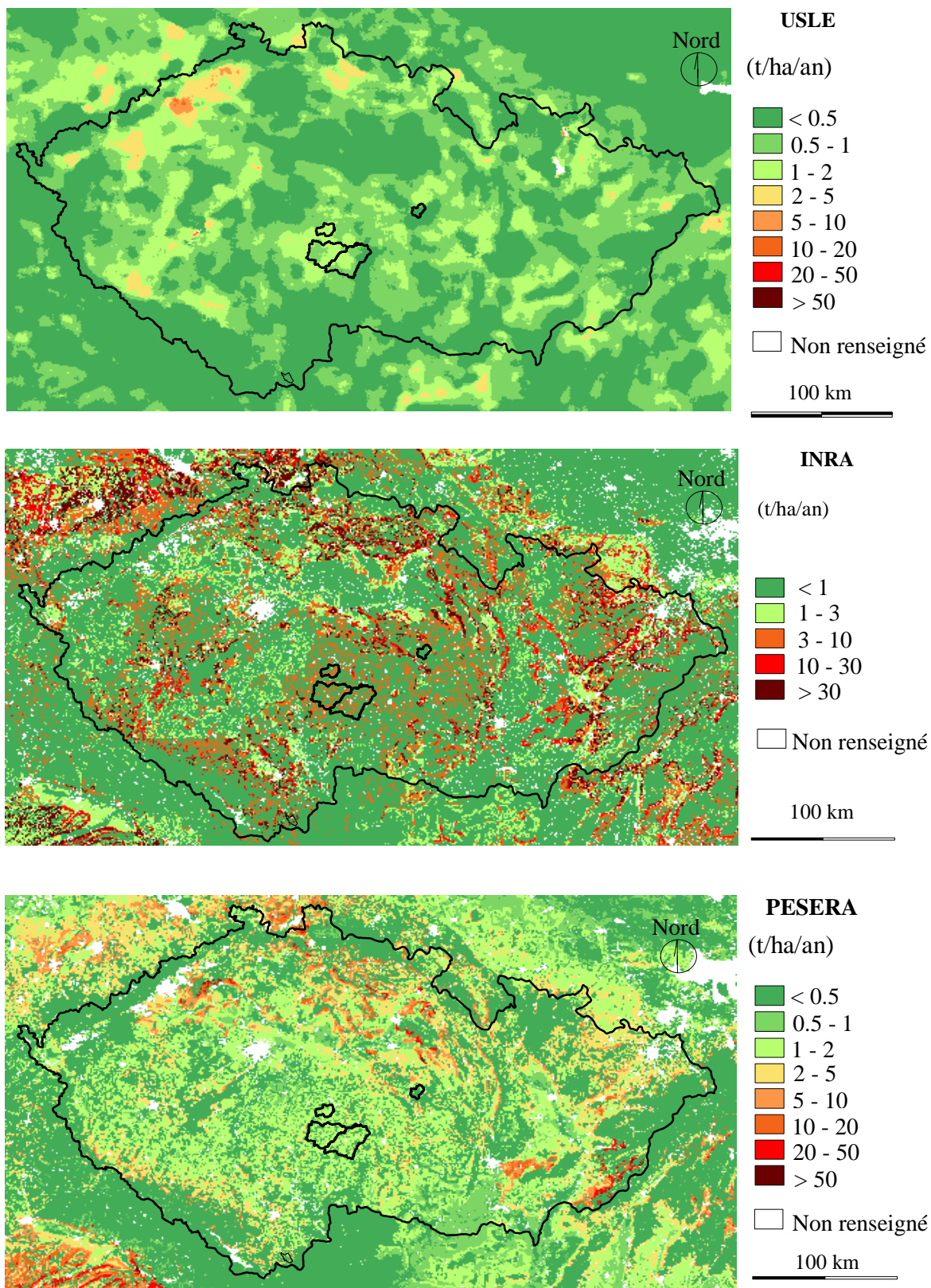
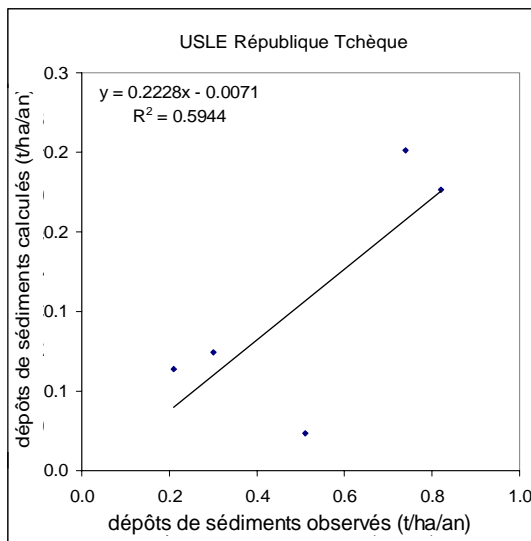
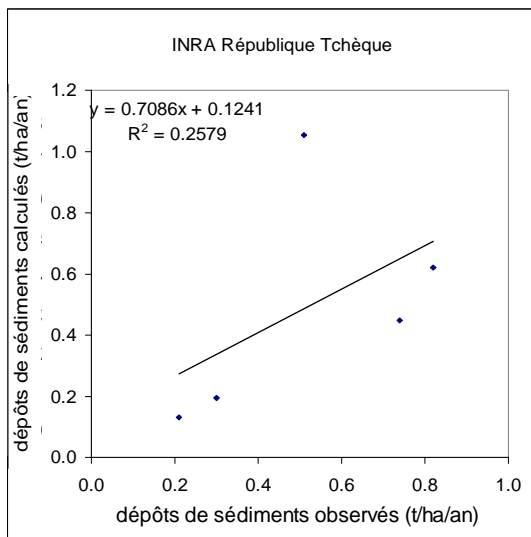


Figure 9 : Estimation de l'aléa érosion pour la République tchèque et localisation des bassins

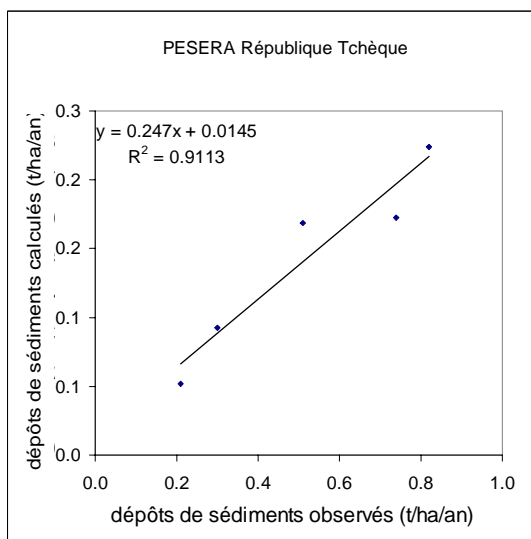


La moyenne des pertes de sols observées pour les bassins situés en République tchèque, est de $0,52 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$.

Le modèle USLE, sous-estime les pertes avec une moyenne de $0,11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$ pour l'ensemble des bassins. Le facteur de corrélation entre les valeurs estimées et les valeurs observées est 0,77 pour ce modèle.



La moyenne des estimations pour la méthode INRA est $0,49 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$, ce qui est beaucoup plus proche de la moyenne des observations. Cependant le facteur de corrélation entre pertes de sols estimées et observées est 0,5.



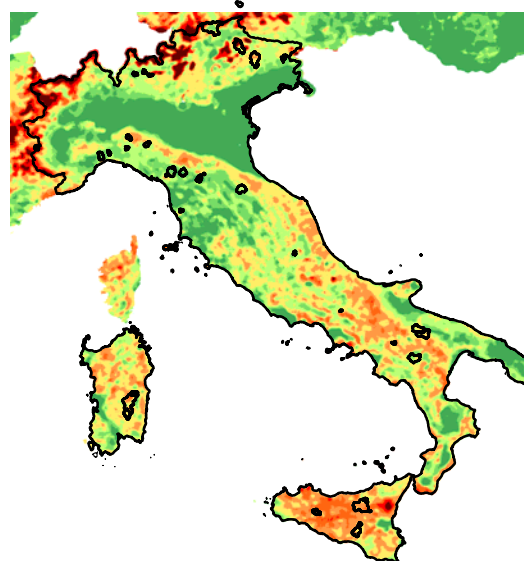
Le modèle PESERA sous-estime les pertes de sols dans cette région avec une moyenne des valeurs de prédiction de $0,14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$. Si l'on considère les tendances relatives, il est clair que le modèle PESERA offre les meilleures performances avec un coefficient de corrélation de Pearson de 0,95.

Figure 10 : : Comparaison des pertes de sol estimées et observées en République tchèque (en $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{an}^{-1}$)

5.3 L'ensemble des données italiennes

USLE

Nord
⊙



(t/ha/an)



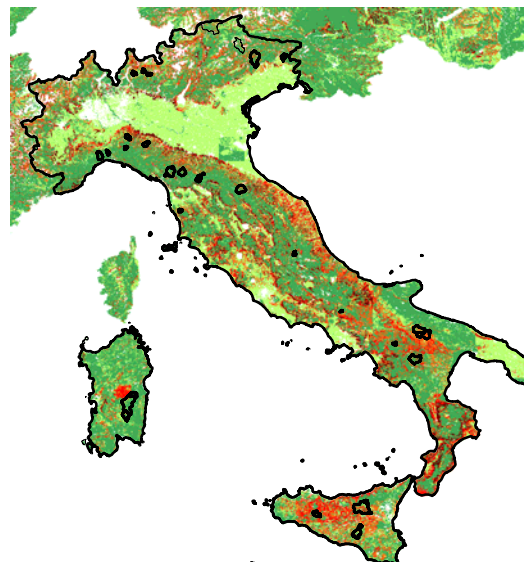
Non renseigné

200 km

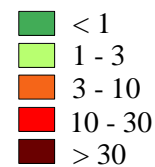


INRA

Nord
⊙



(t/ha/an)



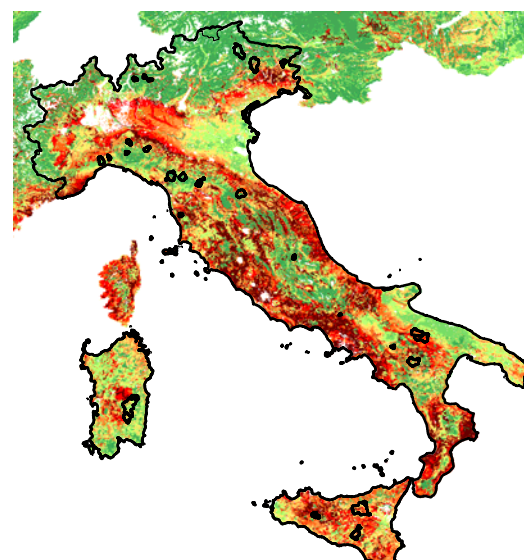
Non renseigné

200 km

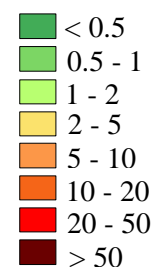


PESERA

Nord
⊙



(t/ha/an)

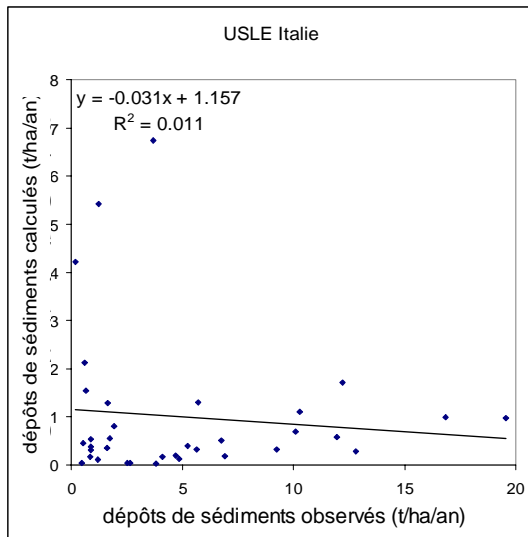


Non renseigné

200 km

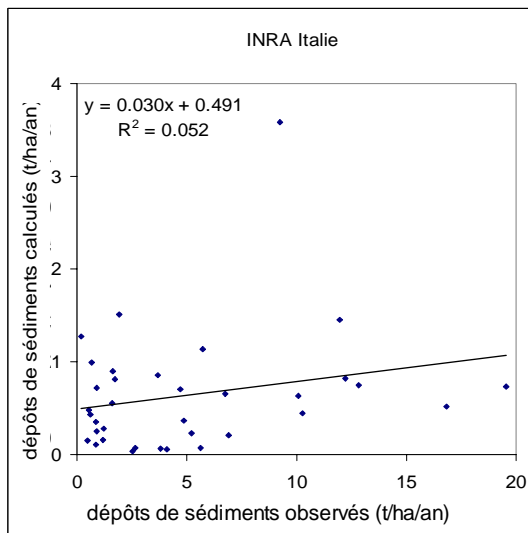


Figure 11 : Estimation de l'aléa érosion pour l'Italie et localisation des bassins



L'ensemble des données italiennes est constitué de :

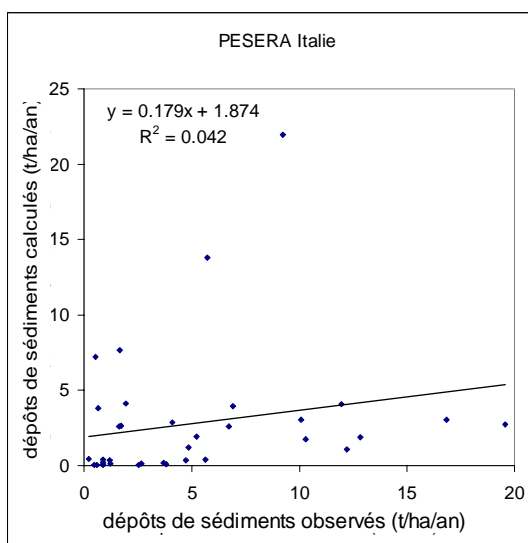
- Bassins du nord de l'Italie : bassins montagneux avec un dénivelé supérieur à 100m, où les occupations du sol sont majoritairement les forêts, les pâturages et les rochers.
- Bassins des vallons du centre de l'Italie : dénivelé inférieur à 1000m, occupation du sol : forêt et terres arables conditions humides.
- Bassins du sud de l'Italie : dénivelé inférieur à 1000m, occupation du sol : terres arables conditions semi-arides.



La moyenne des valeurs observées pour les bassins italiens est de 5 t.ha⁻¹.an⁻¹. Tous les modèles sous estiment les pertes de sols en Italie.

La moyenne du modèle USLE est de 1,00 t.ha⁻¹.an⁻¹.

Une moyenne de 0,64 t.ha⁻¹.an⁻¹ fut estimée par le modèle INRA.



La moyenne des estimations de pertes de sol est 2,77 t.ha⁻¹.an⁻¹ pour le modèle PESERA.

Quoiqu'il en soit, les corrélations entre les valeurs observées et les valeurs prédites sont très faible, avec un coefficient de corrélation de 0,10 pour le modèle USLE, de 0,23 pour le modèle INRA et de 0,20 pour le modèle PESERA.

Figure 12 : Comparaison des pertes de sol estimées et observées en Italie (en t.ha⁻¹.an⁻¹)

5.4 L'ensemble des données espagnoles

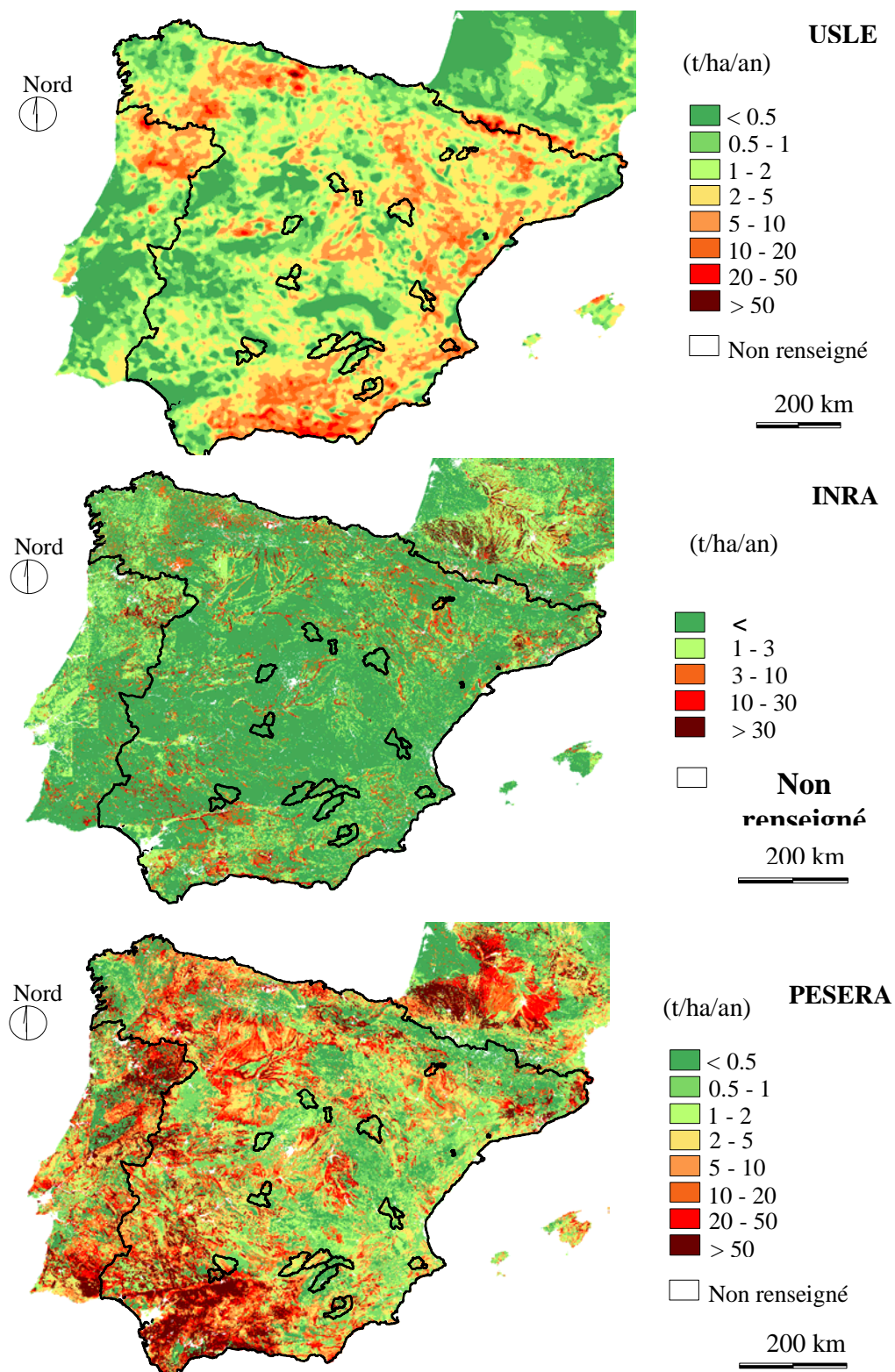
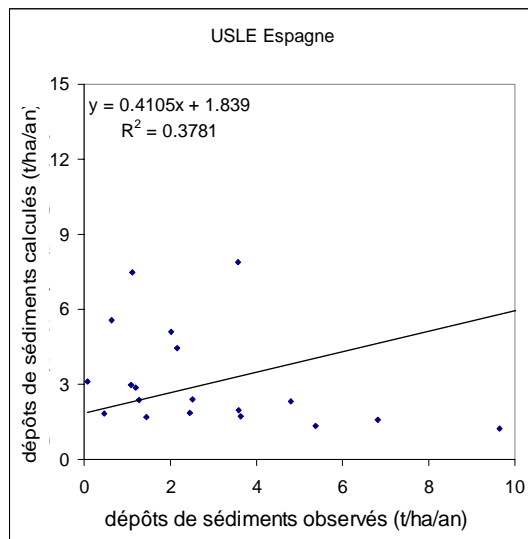


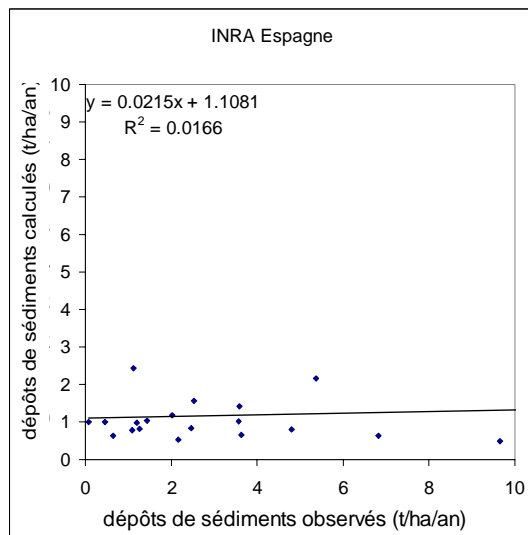
Figure 13 : Estimation de l'aléa érosion pour l'Espagne et localisation des bassins



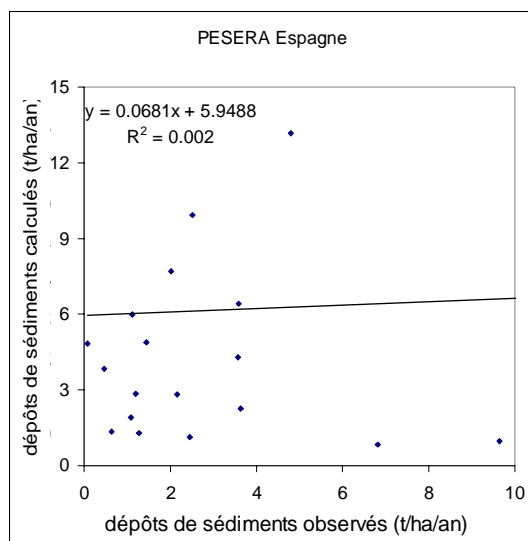
La moyenne des pertes de sol observées dans les bassins espagnols est de 4,78 t.ha⁻¹.an⁻¹. Comme les facteurs de correction n'ont pas pu être déterminés, il est difficile de comparer les valeurs moyennes des prédictions et les observations.

Sous l'hypothèse que les valeurs des facteurs de correction seraient plus ou moins identiques pour la majorité des bassins, les coefficients de corrélation entre les prédictions et les observations peuvent être pris en considération.

A cette condition, le modèle USLE présente les meilleures performances, avec un coefficient de corrélation de 0,61 entre les valeurs observées et prédites.



Puis, en deuxième arrive le modèle INRA avec un coefficient de corrélation de 0,13, bien que virtuellement cela ne signifie aucune corrélation.



Le modèle PESERA produit les estimations qui présentent la corrélation la plus faible avec un coefficient de 0,04.

Figure 14 : Comparaison des pertes de sol estimées et observées en Espagne (en t.ha⁻¹.an⁻¹)

6 Discussion

Un résumé des données utilisées pour la validation est présenté dans le tableau 3. Pour chaque modèle quatre paramètres statistiques furent calculés afin de les comparer : la moyenne, le coefficient de corrélation de Pearson (R^2), l'efficacité du modèle (ME) et l'écart type relatif de l'erreur (RRMSE). Les valeurs de l'efficacité du modèle varient entre $-\infty$ et 1. Plus elles se rapprochent de 1, plus le modèle est performant (ME = 1, signifie que le modèle est parfait). Les valeurs de l'écart type relatif de l'erreur appartiennent à l'intervalle $[0; +\infty[$. Plus la valeur de RRMSE tend vers 0, plus les performances du modèle sont bonnes.

$$ME = 1 - \frac{\sum (Y_{obs} - Y_{pred})^2}{\sum (Y_{obs} - Y_{mean})^2} \quad RRMSE = \frac{\sum \frac{(Y_{obs} - Y_{pred})^2}{n}}{Y_{mean}}$$

ME et RRMSE sont des indicateurs qui prennent en compte la valeur absolue de la déviation par rapport à la droite d'équation $x = y$. En cas d'erreur systématique (surestimation ou sous-estimation) la ME sera faible et la RRMSE forte, et ce même s'il existe une bonne corrélation entre les valeurs prédites et celles observées.

Tableau 3 : Résumé des résultats issus de la validation

BELGIQUE				
	Observations	USLE	INRA	PESERA
Moyenne	2,37	0,13	2,34	5,89
Coeff. de corrélation de Pearson		0.53	0.61	0.64
Efficacité du modèle		-2,68	-2,50	-18,07
RRMSE		1,11	1,08	2,53
REPUBLIQUE TCHEQUE				
	Observations	USLE	INRA	PESERA
Moyenne	0,52	0,11	0,49	0,14
Coeff. de corrélation de Pearson		0.77	0.50	0.95
Efficacité du modèle		-2,62	-0,56	-2,08
RRMSE		0,87	0,57	0,80
ITALIE				
	Observations	USLE	INRA	PESERA
Moyenne	5,00	1,00	0,64	2,77
Coeff. de corrélation de Pearson		0.10	0.23	0.20
Efficacité du modèle		-0,81	-0,74	-0,61
RRMSE		1,29	1,26	1,22
ESPAGNE (sans correction)				
	Observations	USLE	INRA	PESERA
Moyenne	4,78	3,79	1,21	6,27
Coeff. de corrélation de Pearson		0.61	0.13	0.04
Efficacité du modèle		0,34	-0,35	-2,23
RRMSE		1,03	1,48	2,29
TOTAL (sans l'Espagne)				
	Observations	USLE	INRA	PESERA
Moyenne	3,85	0,67	1,11	3,42
Coeff. de corrélation de Pearson		0.03	0.06	0.03
Efficacité du modèle		-0,62	-0,56	-0,62
RRMSE		1,42	1,39	1,42

Pour la Belgique et la République tchèque, les trois modèles présentent des corrélations relativement fortes avec les valeurs observées. Cela signifie que ces modèles permettent de bien appréhender les tendances relatives entre les différentes zones. Cependant, il n'y a pas de bonne estimation des taux d'érosion.

Le modèle USLE sous-estime l'aléa érosion d'un facteur 20 en Belgique, et d'un facteur 5 en République tchèque. Le modèle PESERA propose des résultats environ deux fois plus élevés que les valeurs observées en Belgique, mais les résultats obtenus en République tchèque sont 4 fois plus faibles que celles observées. La moyenne des valeurs obtenues à partir du modèle INRA pour ces deux pays sont les plus proches des valeurs observées. En raison des erreurs systématiques, l'efficacité du modèle est toujours inférieure à 0 et la RRMSE est toujours supérieure à 100 %. Les erreurs systématiques sont toutefois essentiellement des problèmes de calibrage.

La précision des estimations pour la zone sud de l'Europe est globalement faible et ce pour les trois modèles. On note cependant que les trois modèles présentent des valeurs plus faibles que les valeurs observées, les modèles INRA et USLE d'un facteur 5 et le modèle PESERA d'un facteur 2. Les coefficients de corrélation sont inférieurs à 0,25 pour les trois modèles.

Il faut encore une fois rappeler que les valeurs obtenues pour l'Espagne n'ont pas été corrigées à l'aide du facteur SDR, c'est pourquoi des comparaisons similaires à celles effectuées en Belgique, République tchèque et Italie ne sont pas possibles. Cependant, si l'on suppose que les facteurs de correction sont de l'ordre de 20%, il est clair que les prédictions des modèles sont largement sous-estimées.

De façon globale, les résultats précédents montrent qu'aucun des modèles présentés dans cette étude ne fournit de valeurs précises sur l'ensemble de la zone européenne. Les modèles semblent, toutefois, fonctionner correctement dans les zones agricoles de l'Europe du nord.

Aucun des modèles ne semble donner un reflet correct du phénomène en Italie et vraisemblablement en Espagne.

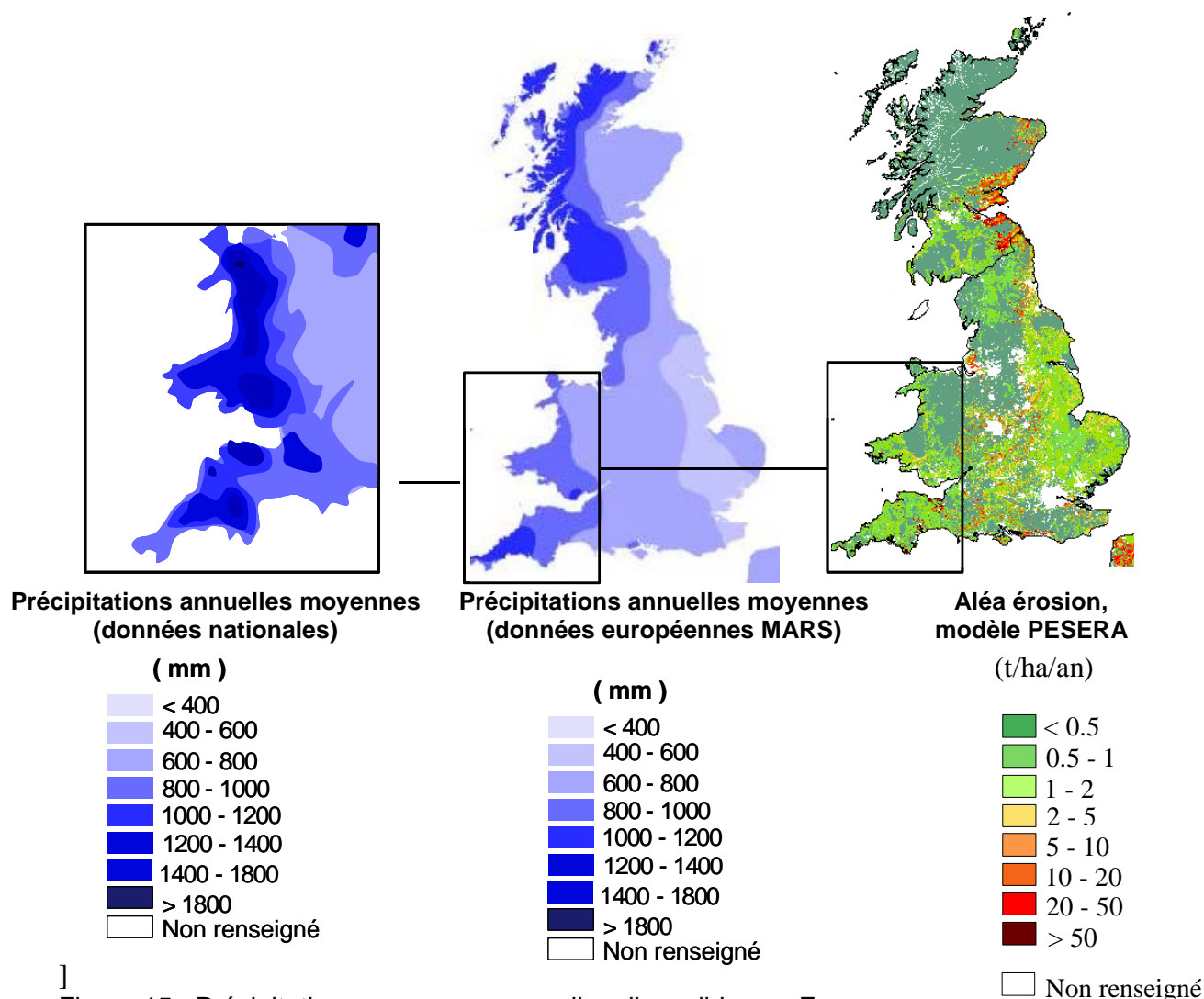
Il y a plusieurs raisons pouvant expliquer les différences entre les résultats issus des modèles et les valeurs observées.

Premièrement, une source d'erreur peut provenir de la méthode de validation qui est indirecte. Tous les modèles calculent un taux moyen d'érosion pour chaque pixel de 1 km², or seule une fraction des sédiments atteint l'exutoire du bassin versant. Les coefficients de correction SDR, qui sont nécessaires pour calculer les volumes de sédiments déposés à partir des volumes érodés ont été calculés à l'aide d'un programme appelé WaTEM/SEDEM. Bien que les calculs du facteur de correction furent effectués avec les données les plus précises possible, disponibles à l'échelle des bassins, les erreurs potentielles peuvent être significatives. Il faut également ajouter, que les mesures des volumes de sédiments dans les réservoirs peuvent être également sources d'erreur. Verstraeten *et al.* (2001), évaluèrent l'erreur moyenne au cours des mesures à 20%. Enfin il faut garder à l'esprit que les volumes de sédiments déposés dans les lacs et les réservoirs ne couvrent qu'une période de temps limitée, au cours de laquelle il a pu se produire des événements climatiques exceptionnels, tels que des précipitations extrêmes ou une période de sécheresse.

Deuxièmement, tous les modèles furent appliqués à des données d'entrée de faible résolution (1km x 1km). La résolution de 1 km du modèle numérique de terrain qui est disponible pour l'Europe n'est sûrement pas suffisamment précise pour faire ressortir les caractéristiques importantes de la topographie ; et ce même ci des techniques de changement d'échelle (upscaling) et des méthodes fractales furent utilisées. Ce problème fut également soulevé par Van der Knijff *et al.* (2000). De plus, Van der Knijff *et al.* (2000) et Grimm *et al.* (2003) calculèrent l'aléa érosion pour l'Italie à partir du modèle USLE présenté plus haut, mais en utilisant des données d'entrée plus précises : des données topographiques provenant du MNT de résolution 250 m, des données climatiques provenant de 366 stations au lieu des 46 de la base de donnée MARS et des données pédologiques à l'échelle du 250 000 ème. Van Rompaey *et al.* (2003a) utilisèrent les mêmes données de validation que celles de cette étude afin d'évaluer la fiabilité des estimations de Grimm *et al.* et trouvèrent un coefficient de corrélation de Pearson de 64 %. En utilisant le même modèle mais en l'appliquant à des données d'entrée de résolution 1km x 1 km un coefficient de seulement 10 % est trouvé.

Troisièmement, certaines couvertures comme celle d'occupation du sol ou celle du climat ne sont pas toujours fiables. Une comparaison entre les données climatiques disponibles à l'échelle européenne (base de donnée Mars) et des données nationales calculées sur le long terme montre que dans certains cas l'erreur peut atteindre 100%. Comme la plupart des modèles de calcul de l'aléa érosion sont très sensibles aux données climatiques, de telles erreurs peuvent avoir de réels impacts sur les résultats finaux. LA figure 15 montre la moyenne des précipitations annuelles (en mm) pour l'Ecosse dérivant de données météorologiques à l'échelle nationale (à gauche) et provenant de la base de donnée Mars (au milieu), en relation avec les estimations du modèle PESERA (à droite). Les données européennes sous-estiment les précipitation au nord de l'Ecosse d'un facteur de 1,5 à 3. Ceci aura un impact significatif sur les prédictions de pertes de sol pour l'Europe obtenues à partir de données de résolution d'entrée : 1 km. (confère figure 6).

Quatrièmement, des erreurs sur la carte d'occupation du sol Corine peuvent conduire à des estimations erronées. La figure 16 montre deux problèmes de classification en Italie. Au centre de la Sardaigne plusieurs kilomètres carrés sont classifiés à tort en terres arables, ce qui a pour conséquences un taux d'érosion très fort lorsqu'on applique les modèles. Au nord de l'Italie, des terrains sont classifiés en tant qu'eaux de surfaces car les la détermination de l'occupation du sol fut réalisée à partir d'image satellite prises au moment (avril/mai) où les rizières sont inondées. Ceci a pour résultat direct un taux d'érosion nul.



] Figure 15 : Précipitations moyennes annuelles disponibles en Ecosse

Enfin, les faibles performances des modèles dans la région méditerranéenne ont pu être causées par la non prise en compte dans la modélisation d'autres processus de transport des sédiments. Les modèles USLE, PESERA et INRA furent développés pour estimer les pertes de sols dues à l'érosion hydrique de type érosion linéaire en rigoles. Ce sont les phénomènes dominants pour les terres arables sous climat tempéré. Les zones utilisées pour la validation en Espagne et en Italie incluent également des zones semi-naturelles de montagne, dans lesquelles les mouvements de masse, coulées de boue et avalanches, sont des agents importants de la production totale de sédiments. D'autre part l'érosion concentrée en ravine est dominante dans les régions semi-arides en Espagne et dans le sud l'Italie. Il est donc évident que des modèles qui n'incluent pas de tels processus ne peuvent donner des résultats performants dans ces zones. Il est important de noter que les estimations du modèle PESERA sont plus fiables ($R=0,59$) si seuls les bassins présentant plus de 50 % de terres arables sont analysés (figure 17).

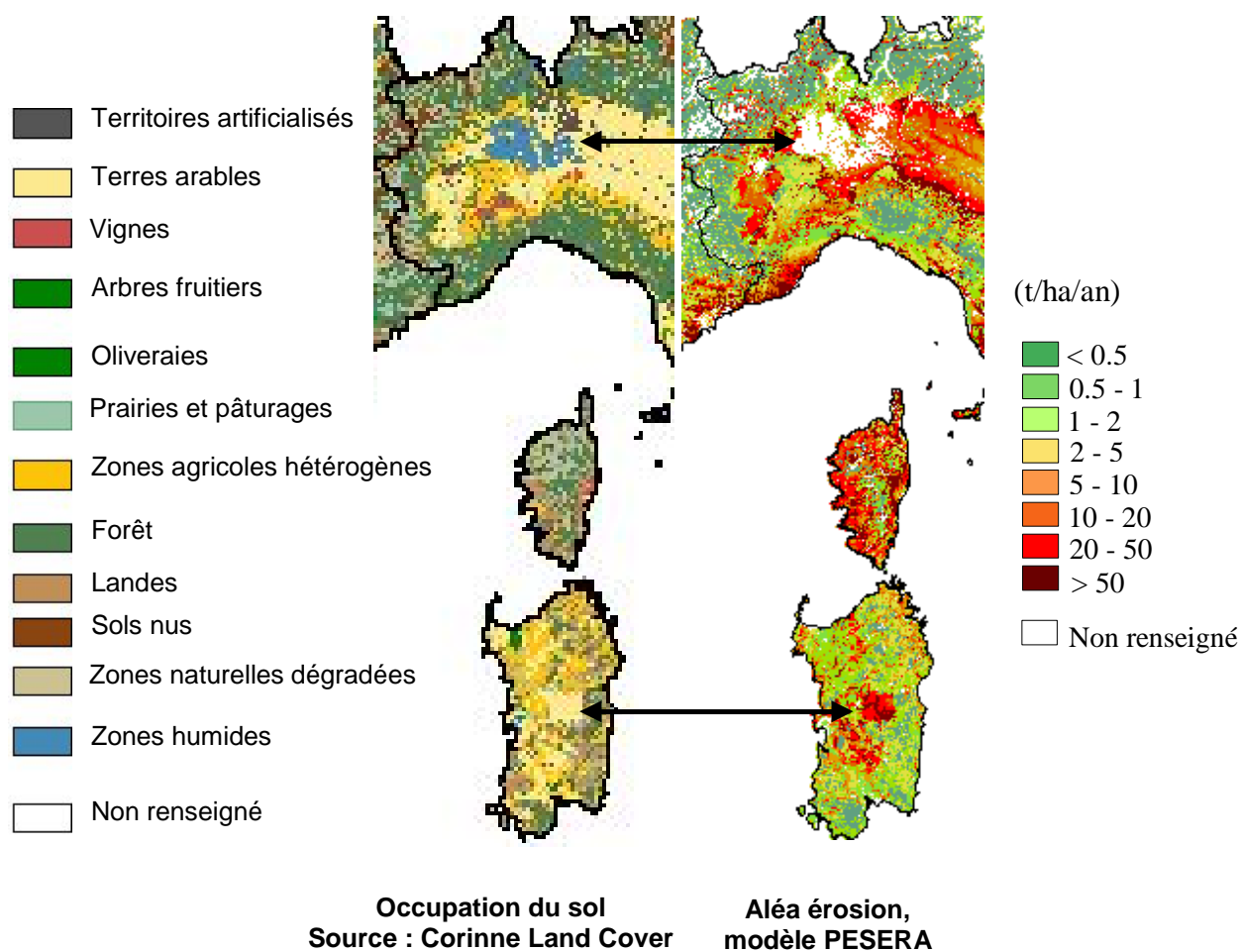


Figure 16 : Problèmes de classification de l'occupation du sol

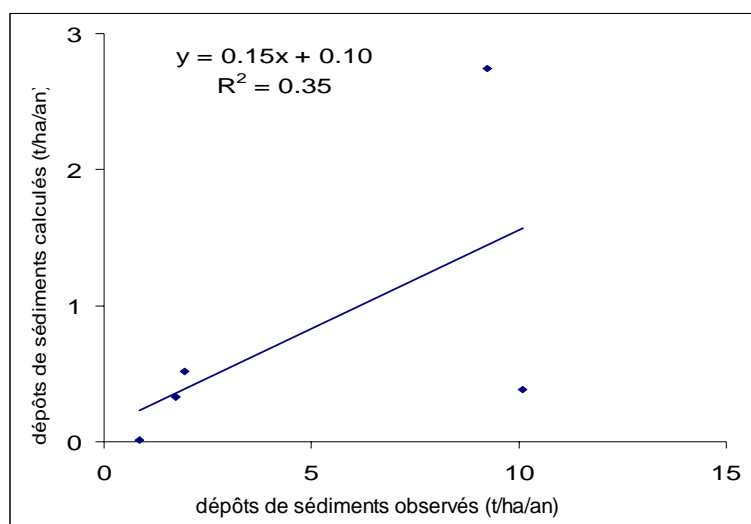


Figure 17 : Pertes de sols estimées en fonction de celles observées (en $t \cdot ha^{-1} \cdot an^{-1}$) pour les bassins, en Italie, dont plus de 50 % des terrains sont des terres arables.

7 Conclusions

Il est important d'évaluer l'exactitude des estimations de l'aléa érosion des sols, provenant de n'importe quel modèle, qui pourraient être employées dans le contexte de la protection des sols en Europe (EC, 2002). Cependant, il est très difficile, si non impossible, d'acquérir des mesures directes de ce phénomène pour de grandes superficies (à l'échelle européenne) afin de valider les résultats des modèles.

Par conséquent une méthode indirecte de validation, fondée sur des données plus largement disponibles, a été adoptée. De telles données existent en tant que mesures d'accumulation de sédiments dans les lacs et les réservoirs. Elles ont été rendues disponibles par des chercheurs pour un certain nombre de réservoirs dans quatre pays européens. Pour chacune des aires de contribution, un ratio de dépôt de sédiments (SDR) a été calculé afin de convertir les valeurs observées de dépôt de sédiments en taux d'aléa érosion.

La fiabilité de trois modèles de calcul d'érosion : USLE, INRA et PESERA a été évaluée. Les résultats présentés ci-avant montrent qu'aucun des trois modèles utilisés dans cette étude n'estime avec fiabilité l'érosion des sols pour l'ensemble des environnements européens. Cependant, les modèles sont relativement bons en ce qui concerne les pertes relatives de sol des zones agricoles en Belgique centrale et en République tchèque.

Toutefois, aucun des modèles n'estime avec exactitude les tendances de l'aléa érosion en Italie et en Espagne.

Les raisons principales sont les suivantes :

- 1) Les incertitudes impliquées par la méthode indirecte de validation
- 2) La faible résolution des données utilisées pour l'applications des modèles à l'échelle européenne
- 3) Les structures simplifiées des modèles qui ne tiennent pas compte de tous les processus de production et de transport de sédiments.

En outre, notre étude montre que certains modèles donnent des performances meilleures quand des données d'entrée de haute qualité sont disponibles et utilisées (Van Rompaey *et al.*, 2000a). Par exemple, le ruissellement est mieux estimé à partir d'un MNT 250m qu'à partir d'un MNT 1km. Dans beaucoup de cas, ces données d'entrée de haute résolution existent dans les établissements nationaux cartographiques, météorologiques et pédologiques, bien qu'ils ne soient pas, actuellement, aisément disponibles au niveau européen.

Un rôle futur important du CCR, pourrait donc être d'harmoniser, agréger et faciliter l'accès à ces données au niveau européen. Il est clair que des tentatives doivent être faites afin d'estimer les pertes de sol liées à l'érosion en Europe pour la prochaine stratégie de protection de sol. Ceci pourrait être réalisé au mieux en utilisant un modèle standardisé appliqué à des données standardisées. Par conséquent il est recommandé que les services de la Commission mettent plus d'énergie à encourager les administrations nationales et régionales à fournir les données environnementales nécessaires (pour l'application des modèles de calcul de l'aléa érosion) à des résolutions beaucoup plus élevées que ce qui est actuellement disponible.

8 Bibliographie

- Avendano Salas, C., Sanz Montero, E., Rayan, C., Gomez Montana, J.L. (1997). Sediment yield at Spanish reservoirs and its relationship with drainage basin area. Proceedings of the 19th Symposium of Large Dams, Florence. ICOLD (International Committee on Large Dams), Paris, 863-874.
- Bazzoffi, P., Baldassarre G., Vacca S. (1996). Validation of PISA2 model for automatic assessment of reservoir sedimentation. Proceedings of the International Conference on Reservoir Sedimentation. M.Albertson Ed. Colorado State Univ. 519-528.
- CORINE (1992). CORINE - Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community, final report EUR 13233-EN. Office for Official Publication of the European Communities.
- Coulthard, T. J. Kirkby, M. J., Macklin, M. G. (2000). Modelling geomorphic response to environmental change in an upland catchment. Hydrological Processes. 14, 2031-2045.
- De Ploey, J. (in collaboration with: Auzet, A.V., Bork, H.-R., Misopolinos, N., Rodolfi, G., Sala, M. and Silleos, N.G.). (1989). Erosional systems and perspectives for erosion control in European löss areas. Soil Technology Series, 1: 93-102.
- Dostal, T., Krasa, J., Vaska, J., Vrana, K. (2001). Map of soil erosion risk and sediment transport in the Czech Republic. VUV TGM (Czech Journal for Soil and Water Management), 1: 1-21.
- Dostal, T., Krasa, J., Vaska, J., Vrana, K. (2002). The map of soil erosion hazard and sediment transport at the scale of the Czech Republic, Vodni Hospodarstvi, 2: 46-50.
- EC (2002). Communication of 16 April 2002 from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. COM (2002) 179 final 35pp. available at: <http://europa.eu.int/scadplus/printversion/en/lvb/128122.htm>
- EEA (2000). Down to Earth: soil degradation and sustainable development in Europe. Environmental Issues Series, European Environment Agency. No. 16, 32pp.
- Gobin, A., Govers, G. (2003). Pan European Soil Erosion Risk Assessment – 3th Annual Report – EU 5th Framework Programme, Project No. QLK5-CT-1999-01323. 144 pp. Available at: <http://pesera.jrc.it/>
- Grimm, M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2001). Soil erosion risk in Europe. European Soil Bureau. EUR 19022 EN, 38pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Grimm, M., Jones, R.J.A., Rusco, E., Montanarella, L. (2003). Soil erosion risk in Italy: a revised USLE approach. European Soil Bureau Research Report No. 11, EUR 20677 EN, 24pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Heineke, H.J., Eckelmann, W., Thomasson, A.J., Jones, R.J.A., Montanarella, L. and Buckley, B. (Eds.) (1998). Land Information Systems – Developments for planning the sustainable use of land resources. European Soil Bureau Research Report No. 4. EUR 17729 EN. Office of the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 546pp.
- King, D., Jones, R.J.A. and Thomasson, A.J. (1995). European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring. EUR 16232 EN, 285pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Kirkby, M.J., Le Bissonais, Y., Coulthard, T.J., Daroussin, J., McMahon, M.L. (2000). The development of Land Quality Indicators for Soil Degradation by Water Erosion. Agriculture, Ecosystems and Environment, 81, 125-36.

- Le Bissonnais, Y., Thorette, J., Bardet, C., Daroussin, J. (2002). L'érosion hydrique du sol en France. Technical Report INRA et IFEN, 63pp. (Unpublished).
- Oldeman, L.R. (1990). World map of the status of human-induced soil degradation (GLASOD): an explanatory note. ISRIC, Wageningen, The Netherlands.
- RIVM (1992). The environment in Europe: a global perspective. Report 481505001, RIVM, Bilthoven. The Netherlands.
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (1999). Soil erosion risk assessment in Italy. European Soil Bureau. EUR 19022 EN, 52pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Van der Knijff, J.M., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2000). Soil erosion risk assessment in Europe, EUR 19044 EN, 44pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Van der Knijff, J., Jones, R.J.A., Montanarella, L. (2002). Soil Erosion Risk Assessment in Italy. In: J.L. Rubio, R.P.C. Morgan, S. Asins and V. Andreu (eds). Proceedings of the third International Congress Man and Soil at the Third Millennium. Geoforma Ediciones, Logrono. p.1903-1913.
- Van der Goot, E. (1998). Spatial interpolation of daily meteorological data for the Crop Growth Monitoring System (CGMS). EUR 18472 EN, p.141-153. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Van Lynden, G.W.J. (1994). The European soil resource: current status of soil degradation in Europe: causes, impacts and need for action. ISRIC, Wageningen. Council of Europe. Strassbourg.
- Van Rompaey, A., Verstraeten, G., Govers, G., Van Oost, K., Poesen, J. (2001). Modeling mean annual sediment yield using a distributed approach. *Earth Surface Processes and Landforms* 26: 1221-1236.
- Van Rompaey, A., Bazzoffi, P., Jones, R., Montanarella, L., Govers, G. (2003a). Validation of soil erosion risk assessments in Italy. European Soil Bureau Research Report No. 12, EUR 20676 EN, 25 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Van Rompaey, A., Krasa, J., Dostal, T., Govers, G. (2003b). Modeling sediment supply to rivers and reservoirs in Eastern Europe during and after the collectivization period. *Hydrobiologia*, in press.
- Verstraeten, G., Poesen, J. (2001). Factors controlling sediment yield for small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate. *Geomorphology* 40, 123-144.
- Verstraeten, G., Poesen, J., De Vente, J., Koninckx, X. (2003). Sediment variability in Spain: a quantitative and semi-quantitative analysis using reservoir sedimentation rates. *Geomorphology* 50: 327-348.

European Soil Bureau Research Reports:

- No.1 European Land Information Systems for Agro-environmental Monitoring. D. King, R.J.A. Jones and A.J. Thomasson (eds). EUR 16232 EN, 284pp. (1995). Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.2 Soil Databases to support sustainable development. C. Le Bas and M. Jamagne (eds). EUR 16371 EN 149pp. (1996). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.3 The use of pedotransfer in soil hydrology research in Europe. A. Bruand, O. Duval, H.Wösten and A. Lilly (eds). EUR 17307 EN 211pp. (1997). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.4 Land Information Systems: Developments for planning the sustainable use of land resources. H.J. Heineke, W. Eckelmann, A.J. Thomasson, R.J.A. Jones, L. Montanarella and B. Buckley (eds). EUR 17729 EN 546pp. (1998). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.5 Georeferenced Soil Database for Europe: Manual of Procedures Version 1.0. European Soil Bureau, Scientific Committee. EUR 18092 EN 184pp. (1998). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.6 Soil Resources of Europe. P. Bullock, R.J.A. Jones and L. Montanarella (eds). EUR 18991 EN 202pp. (1999). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.7 Soil Classification 2001. Erika Micheli, Freddy O. Nachtergaele, Robert J.A. Jones & Luca Montanarella. (2002). EUR 20398 EN, 248pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.8 Soil Geographical Database for Eurasia & The Mediterranean: Instructions Guide for Elaboration at scale 1:1,000,000. Version 4.0. J.J. Lambert, J. Daroussin, M. Eimberck, C. Le Bas, M. Jamagne, D. King & L. Montanarella. (2003). EUR 20422 EN, 64pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.9 Soil Resources of Europe: incorporating EU Candidate Countries. P. Bullock, R.J.A. Jones, L. Montanarella & B. Houskova (eds). (2003). EUR 20559 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. [In press].
- No.10 Land Degradation. L. Montanarella and R.J.A. Jones (eds). (2003). Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg. [In press].
- No.11 Soil erosion risk in Italy: a revised USLE approach. M. Grimm, R.J.A. Jones, E. Rusco & L. Montanarella. (2003). EUR 20677 EN Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.12 Validation of soil erosion risk assessments in Italy. A.J.J. Van Rompaey, P. Bazzoffi, R.J.A. Jones, L. Montanarella & G. Govers. (2003). EUR 20676 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- No.13 Validation of soil erosion estimates at European scale. A.J.J. Van Rompaey, V. Vieillefont, R.J.A. Jones, L. Montanarella, G. Verstraeten, P. Bazzoffi, T. Dostal, J.Krasa, J. Deventer, J. Poesen. (2003). EUR 20827 EN. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 25pp. [Version in French EUR 20827 FR, 27pp.]

MISSION OF THE JRC

The mission of the Institute of Environment and Sustainability is to provide scientific and technical support to EU strategies for the protection of the environment and sustainable development. Employing an integrated approach to the investigation of air, water and soil contaminants, its goals are sustainable management of water resources, protection and maintenance of drinking waters, good functioning of aquatic ecosystems and good ecological quality of surface waters.

